



**Universidad
Andrés Bello®**

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

Facultad De Odontología

Departamento de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial

**COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE MADURACIÓN ÓSEA VERTEBRAL
CERVICAL CVMS CON DOS MÉTODOS DE MADURACIÓN ÓSEA CARPAL
EN PACIENTES CHILENOS DEL POSTGRADO DE ORTODONCIA Y
ORTOPEDIA DENTOMAXILOFACIAL DE LA UNAB, SEDE SANTIAGO, AÑO
2015**

Tesis de para optar al título profesional de Cirujano Dentista

Autor:

Bárbara Valentina Constenla Villanueva

Profesor Responsable:

Dr. Hernán Palomino Montenegro

Tutor Guía:

Dra. Pamela Córdova Obreque

Santiago de Chile, 2015

Dedico este trabajo a mis padres, por el esfuerzo y sacrificio dedicado tantos años y por convertirme en lo que soy; a mis hermanas y a mi novio, quienes siempre me brindan su apoyo incondicional.

Y a mi tía abuela Ofelia, quien sé que me cuida desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda mi familia por siempre creer en mí y apoyarme en todo lo que hago, especialmente a mis padres, hermanas y sobrinos, que son fundamentales para mí.

A mi profesora guía, Dra. Pamela Córdova, quien me orientó perfectamente en este desafío que fue realizar mi primer trabajo de investigación.

Gracias a todo aquel que aportó en este estudio; a mi universidad y al Dr. Hernán Palomino por facilitarme el material de trabajo, a la Dra. Pamela Araya, a mi cuñado Juan, a mi compañero Daniel, a mis amigos y amigas, y en especial a mi novio Patricio que me ayudó y acompañó durante este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA_____	2
AGRADECIMIENTOS_____	3
RESUMEN_____	5
ABSTRACT_____	6
INTRODUCCIÓN_____	7
MARCO TEÓRICO_____	10
Anatomía de las vértebras cervicales _____	10
Anatomía ósea de mano y muñeca _____	15
Indicadores de Maduración Ósea Vertebral Cervical _____	17
Indicadores de Maduración Ósea Carpal _____	26
Telerradiografía lateral de cráneo _____	38
Radiografía de mano-muñeca _____	41
Algunos estudios en Sudamérica _____	42
HIPÓTESIS_____	44
OBJETIVOS_____	45
MATERIALES Y MÉTODOS_____	46
RESULTADOS_____	49
DISCUSIÓN_____	58
CONCLUSIONES_____	62
SUGERENCIAS_____	63
BIBLIOGRAFÍA_____	64
ANEXOS_____	71

RESUMEN

La determinación de la maduración ósea es muy importante en Ortodoncia y Ortopedia, sobretodo en ciertos casos donde el tratamiento y el pronóstico dependen del nivel de crecimiento del paciente. Se han utilizado diversos análisis para este propósito, siendo los más aceptados los distintos métodos de maduración ósea vertebral cervical y carpal, en los que se utilizan la telerradiografía lateral de cráneo y la radiografía de mano-muñeca.

Objetivo: Se realizó este estudio con el fin de determinar el nivel de concordancia entre el método de maduración ósea carpal de Björk modificado, el de Fishman y el método de maduración ósea vertebral cervical CVMS, al utilizarlos para la estimación de la edad ósea.

Materiales y métodos: la muestra fue de 34 pacientes chilenos (21 mujeres y 13 hombres) entre 11 y 17 años del Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la UNAB. Para esto se usaron dos análisis estadísticos; el coeficiente de correlación rho de Spearman y el estudio de concordancia kappa de Cohen.

Resultados: Se halló una alta correlación entre los tres métodos estudiados, una concordancia perfecta entre los métodos de maduración ósea carpal de Fishman y Björk, sin embargo, una concordancia leve entre estos métodos y el CVMS. La edad cronológica tiene una alta correlación con cada método, y el género no se relaciona significativamente con ellos.

Conclusiones: El Gold Estándar en la estimación de la edad ósea debe seguir siendo la maduración carpal, sobre todo en aquellos casos en que se requiera una mayor precisión en la determinación de la edad ósea. Los métodos de Fishman y de Björk tienen la misma confiabilidad para ser usados indistintamente.

Palabras claves: maduración ósea, método CVMS, método de Fishman, método de Björk, ortodoncia.

ABSTRACT

The determination of bone maturation is very important in orthodontics and orthopedics, principally in certain cases where the treatment and prognosis depend on the level of growth of the patient. Various analyses have been used for this purpose, being the most accepted the different methods of cervical vertebra and carpal bone maturation, in which are used the lateral cephalogram and the hand wrist x-ray respectively.

Objective: This study was conducted in order to determine the level of concordance between the modified Bjork's method of carpal bone maturation, the carpal method of Fishman and the CVMS method of cervical vertebra bone maturation, using them for bone age estimation.

Materials and methods: the sample was made of 34 Chilean patients (21 women and 13 men) between 11 and 17 years old, of the postgraduate course in orthodontics and orthopedics of the UNAB. Two statistical analysis were used for this: Spearman's rho correlation coefficient and Cohen's kappa concordance study.

Results: It was found a high correlation between the three methods studied, a perfect concordance between the Fishman's and Björk's methods of carpal bone maturation, however, a slight correlation between these methods and the CVMS. Chronological age has a high correlation with each method, and gender is not significantly related with them.

Conclusions: The Gold standard in the estimation of skeletal age should continue to be the carpal bone maturation, principally in some cases where is required a greater precision in the determination of the skeletal age. Fishman's and Björk's methods have the same reliability to be used interchangeably.

Key words: bone maturation, CVMS method, Fishman's method, Björk's method, orthodontics.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos es fundamental en el diagnóstico, plan de tratamiento y pronóstico de la terapia ortodóntica. Esto nos orienta en la elección del tipo de tratamiento más adecuado para los pacientes, ya sea con aparatología ortodóntica u ortopédica. Patrones normales en el crecimiento y desarrollo craneofacial determinarán una estética facial armoniosa y consolidarán la oclusión dentaria en forma adecuada (1).

El crecimiento representa un aumento permanente e irreversible del volumen aunque limitado en el tiempo y el espacio en duración y magnitud, mientras que el desarrollo se refiere a un proceso de maduración que considera la diferenciación celular y tisular, lo que explica los mecanismos biológicos del crecimiento (1, 2).

El ortodoncista interviene en este proceso durante las etapas adecuadas pudiendo manipular componentes como el ritmo, tiempo, dirección y magnitud del crecimiento y la diferenciación tisular (desarrollo) con el objetivo de aprovechar el proceso de remodelación y cumplir las metas propuestas en el plan de tratamiento (2).

Para determinar las etapas adecuadas en que se debe llevar a cabo un tratamiento establecido, se requiere conocer el potencial de crecimiento del paciente mediante la evaluación de su edad de desarrollo. Esta edad de desarrollo puede ser de diferentes tipos: edad cronológica, edad mental, edad biológica, edad del comportamiento y autoconcepto de edad (Krogman) (3).

La edad cronológica es la medida del periodo de tiempo (años y meses) durante el cual algo o alguien ha existido; es el parámetro de edad de desarrollo más fácil de determinar, ya que se conoce a partir de la fecha de nacimiento del individuo. Sin embargo, factores como ciertas enfermedades, alteraciones metabólicas, desórdenes endocrinos y el ambiente pueden afectar la maduración del individuo, por lo tanto, la edad cronológica es un mal indicador del nivel de desarrollo. Debido a esto se tiende a recurrir a la edad biológica, la cual se puede calcular a través de indicadores generales, dentales y óseos. Por ejemplo, el peso y la altura son indicadores generales, pero de igual forma que la edad cronológica al estar influenciados por factores genéticos y ambientales no son buenos indicadores de la edad de desarrollo. Lo mismo ocurre con la edad dental, ya que por los factores antes mencionados existe variación en los tiempos de erupción dentaria (3).

Por otro lado, se han usado huesos de todo el cuerpo para evaluar la edad ósea y se han descubierto patrones de osificación en un orden específico, lo que se relaciona directamente con el estado de maduración de la persona. La edad ósea tiene una mayor correlación con la edad de la menarquia de lo que tiene esta última con la altura, peso o incrementos anuales de altura (3). Por esta razón la determinación del nivel de maduración ósea es primordial en el diagnóstico y planificación de correcciones ortopédicas y tratamientos quirúrgicos en maloclusiones esqueléticas, especialmente en casos donde el crecimiento y desarrollo de los individuos juegan un rol predominante en la obtención de éxito o fracaso de la terapia (1).

Para este propósito se han propuesto diversos indicadores de maduración ósea a lo largo de los años, entre los que el uso de las vértebras cervicales ha demostrado ser efectivo para determinar el peak de crecimiento tanto en la altura del cuerpo como en el tamaño mandibular (4). Los huesos de la mano y la muñeca

también se han utilizado con variados métodos por diferentes investigadores, siendo la premisa que los cambios óseos encontrados a ese nivel son indicadores de cambios óseos más generales (5).

Para determinar la edad ósea en las vértebras cervicales se debe obtener una telerradiografía lateral de cráneo, mientras que para evaluar la maduración ósea carpal se requiere una radiografía de mano y muñeca. Se ha demostrado mediante diversos estudios que ambos análisis tienen una confiabilidad y validez cercana, por lo que, actualmente en ortodoncia se tiende a recurrir más al método vertebral cervical debido a que la telerradiografía lateral de cráneo además sirve para realizar los estudios cefalométricos, fundamentales en el diagnóstico y plan de tratamiento en esta disciplina de la odontología, lo que permite reducir el número de radiografías solicitadas al paciente (6). Sin embargo, se ha observado que la dosis absorbida por el paciente en una telerradiografía es mayor y más dañina a la de una radiografía de mano y muñeca, principalmente por los órganos que se encuentran en el área a radiografiar. Sumado a esto, se debe considerar que este examen se tiende a solicitar en repetidas ocasiones durante el tratamiento del paciente (7).

Considerando que se ha comprobado ampliamente la validez del análisis de maduración ósea vertebral cervical, específicamente el método modificado, CVMS de Baccetti, Franchi y McNamara, este estudio busca determinar su nivel de concordancia con los métodos de maduración ósea carpal de Björk modificado y de Fishman, en la estimación de la edad ósea en pacientes chilenos. Este objetivo se basa en la necesidad de definir un método de maduración ósea carpal preferible en caso de sustituir una telerradiografía lateral de cráneo por una radiografía de mano y muñeca, para determinar la edad ósea en pacientes chilenos.

MARCO TEÓRICO

Anatomía de las vértebras cervicales

La columna vertebral está constituida por 33 o 34 piezas óseas superpuestas, las vértebras, que se disponen en 4 grupos, de cefálico a caudal son: 7 vértebras cervicales, 12 vértebras torácicas, 5 vértebras lumbares y 9 (o 10) vértebras pelvianas que forman el sacro y el cóccix (8).

Características comunes a todas las vértebras:

Están configuradas por una masa ósea anterior llamada cuerpo, cuya periferia está constituida por tejido óseo compacto y cuyo centro es de tejido esponjoso, espeso, sólido y resistente que sustenta la columna vertebral. Además poseen un macizo apofisiario posterior, el cual es funcionalmente la parte motora de la vértebra, ya que en él se insertan numerosos músculos, sin embargo su función de sustentación no es menor. Ambos elementos, el cuerpo y el macizo apofisiario, están unidos por dos columnas, los pedículos del arco vertebral, en cuyo centro se encuentra el foramen vertebral. La unión de los forámenes de todas las vértebras forma el conducto vertebral, el cual alberga y protege en su interior la médula espinal, sus raíces, envolturas y anexos (8).

El macizo apofisiario está conformado por: 2 apófisis transversas, 4 apófisis articulares, una apófisis espinosa, 2 Láminas vertebrales y 2 Pedículos (8).

La posición de las vértebras es con el cuerpo hacia adelante y la escotadura menos profunda de los pedículos del arco hacia arriba. Las apófisis articulares se dirigen hacia arriba y atrás en el caso de las vértebras cervicales y torácicas, y arriba, atrás y medialmente para las lumbares (8).

Características de las vértebras cervicales:

La columna cervical consta de siete vértebras que forman la principal conexión entre el cuello, el tronco y las extremidades (Fig. 1). Son las vértebras más pequeñas de toda la columna vertebral (9). Sus principales características son:

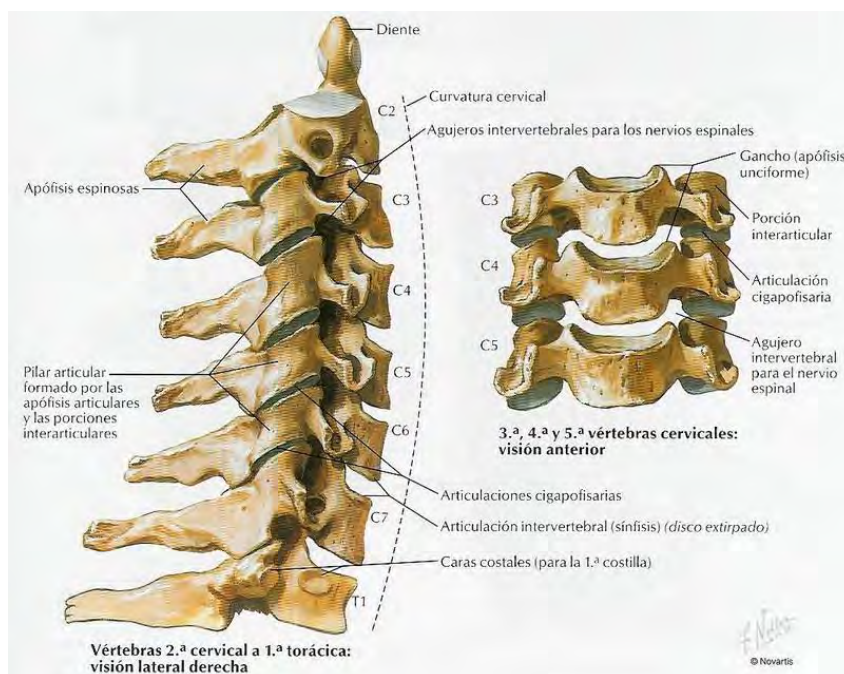


Fig. 1. Columna cervical (Fuente: Atlas de anatomía de cabeza y cuello de Netter)

Poseen un cuerpo alargado en sentido transversal con dos pequeñas salientes llamadas apófisis unciformes en los extremos de su cara superior y en su cara inferior dos escotaduras para las apófisis unciformes de la vértebra subyacente. Sus pedículos son oblicuos hacia atrás y lateralmente (Fig 2 y 3)(8).

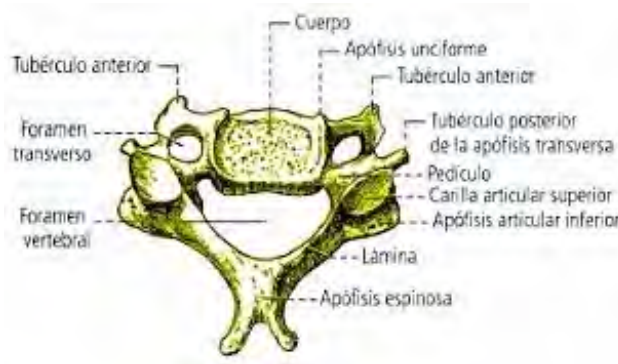


Fig 2. Vista superior de una vértebra cervical (Fuente: Anatomía humana de Latarjet y Ruiz Liard)

Las láminas tienen forma cuadrilátera, más largas que anchas, se dirigen hacia abajo y atrás. Por sus extremos posteriores ambas láminas se unen en la línea media formando el proceso espinoso. Esta apófisis espinosa es prismática, triangular y orientada hacia abajo y atrás. Su cara inferior presenta un canal se aloja el borde superior de la apófisis subyacente. El vértice termina en dos tubérculos que se separan por una incisura generalmente (8).

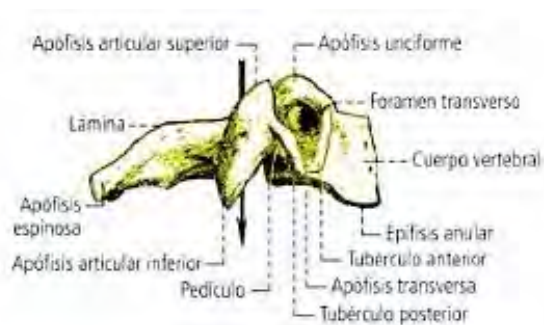


Fig 3. Vista lateral derecha de una vértebra cervical. La flecha atraviesa el foramen vertebral. (Fuente: Anatomía humana de Latarjet y Ruiz Liard)

Las apófisis transversas están delante de las apófisis articulares y los pedículos. Presentan una raíz anterior y otra posterior, unidas por un puente óseo dirigido de adelante hacia atrás. Ambas raíces, la cara anterior del pedículo y la cara lateral del cuerpo forman el foramen transverso por donde pasan la arteria vertebral, las venas vertebrales y el plexo nervioso vertebral. Su vértice termina en dos tubérculos; anterior y posterior. Su foramen vertebral es amplio y triangular de base anterior, siendo mayor en sentido transversal que en sentido anteroposterior (8).

Todas estas características están adaptadas a la movilidad de estas vértebras (8).

Características individuales de ciertas vértebras:

El atlas es la primera vértebra cervical y presenta características especiales que la hacen ser reconocible a simple vista. En ella se ven dos masas laterales unidas por un arco anterior y otro posterior. Esta vértebra carece de cuerpo y de apófisis espinosa. Las masas laterales presentan dos caras articulares, una superior y otra inferior; la superior se articula con el cóndilo del hueso occipital y la inferior con la apófisis odontoides del axis (2da vértebra cervical) y además de estas masas laterales sobresalen las apófisis transversas cada una con su foramen transverso que aloja a la arteria vertebral (Fig. 4) (8, 9).

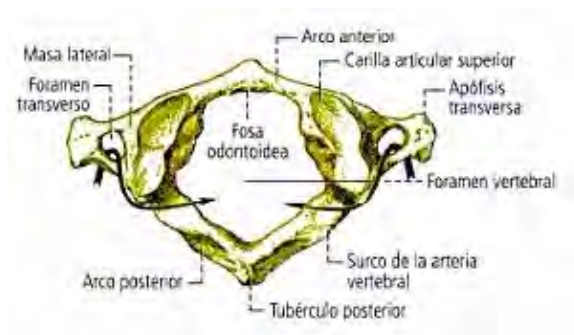


Fig 4. Vista superior del Atlas (C1). La flecha señala el recorrido de la arteria vertebral (Fuente: Anatomía humana de Latarjet y Ruiz Liard)

El axis es la más fuerte y mayor de las vértebras cervicales. De su cuerpo, tan ancho como alto, se desprende una prolongación hacia arriba; la apófisis odontoides (Fig. 5). Ésta ocupa el espacio que correspondería al cuerpo del atlas y se articula con él. La principal función de la apófisis odontoides es que sirve de pivote de la rotación del atlas (8, 9).

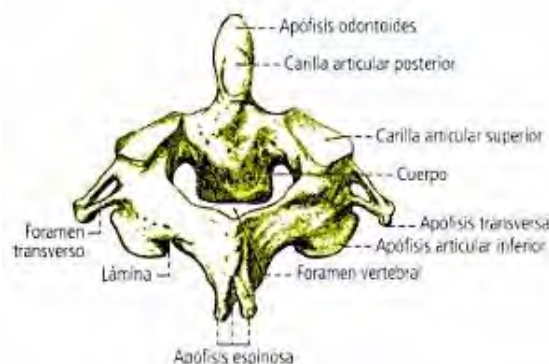


Fig 5. Vista posterosuperior del axis (C2). (Fuente: Anatomía humana de Latarjet y Ruiz Liard)

Anatomía ósea de mano y muñeca

La muñeca está formada por dos huesos largos y sus epífisis; radio y cúbito.

Los huesos de la mano son 27 además de los sesamoideos, y se dividen en tres grupos óseos distintos; el carpo, el metacarpo y las falanges (Fig. 6) (1).

Carpo

Lo conforman ocho huesos cortos dispuestos en dos hileras, una superior o proximal y otra inferior o distal. En la fila proximal están de afuera hacia adentro: el hueso escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme, y en la fila distal se encuentran los huesos trapecio, trapezoide, grande y ganchoso (10). Todos están formados por un centro de hueso esponjoso recubierto por una capa delgada de hueso compacto y tienen forma cuboide (1).

Metacarpo

Constituye el esqueleto de la palma y dorso de la mano. Está formado por cinco huesos largos (metacarpianos) con sus epífisis (extremo del hueso) y sus diáfisis (región media del hueso) que articulan superiormente con la fila distal del carpo e inferiormente con las falanges proximales de los dedos (10). Se enumeran del 1 al 5 de lateral a medial. La epífisis del metacarpiano 1 es proximal, a diferencia de las de los otros cuatro huesos metacarpianos y el hueso sesamoideo medial se ubica junto a él, en su parte interna y distal (1).

Huesos sesamoideos

Los huesos sesamoideos son pequeñas masas óseas con forma de sésamo que existen en número variable junto a diferentes articulaciones del cuerpo. En el

caso de la mano siempre se encuentran en la cara palmar; son constantes dos huesos sesamoideos en la articulación metacarpo falángica del pulgar y otros en la misma articulación a nivel del meñique e índice (10).

Falanges

Cada dedo, excepto el pulgar, posee tres segmentos óseos llamados falanges. El pulgar sólo tiene dos. Todas las falanges, designadas como proximal, media o distal, tienen sus epífisis proximales. Las falanges son huesos largos con un cuerpo y dos extremos; la base y la cabeza (10).

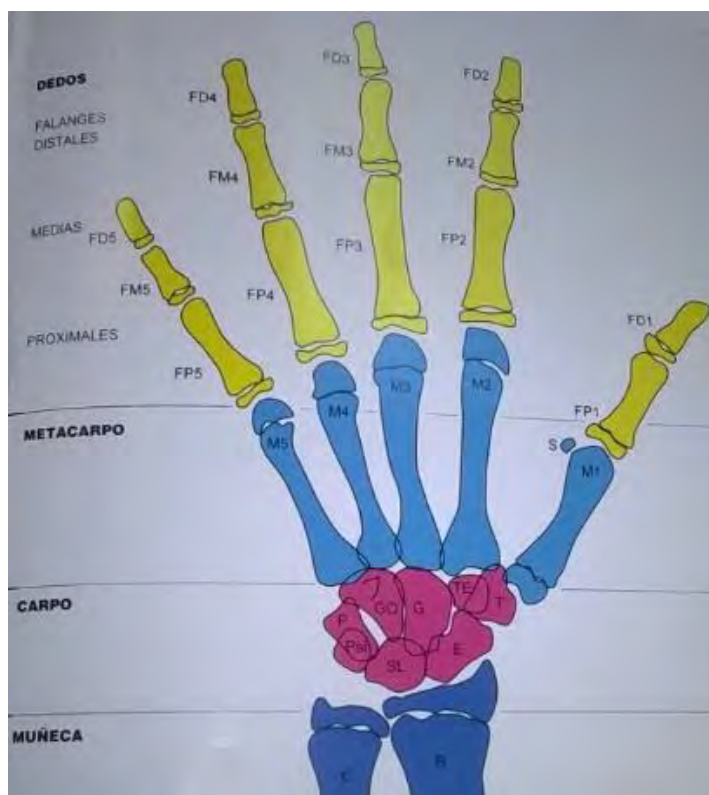


Fig. 6. Huesos de mano y muñeca. (Fuente: Ortodoncia: diagnóstico y planificación clínica de Vellini-Ferreira)

Indicadores de Maduración Ósea Vertebral Cervical

El interés por los cambios de maduración en el tamaño y forma de las vértebras cervicales ha sido estudiado desde las primeras décadas del siglo veinte. Todd y Pyle en 1928, Lanier en 1939 y Taylor en 1975 midieron distintos cambios dimensionales en el crecimiento de las vértebras cervicales en telerradiografías laterales de cráneo y observaron que estos eventos se inician en la vida fetal y continúan hasta la adultez, período que cubre por lo tanto las etapas donde puede intervenir el ortodoncista (4).

Lamparski en 1972 creó un método de maduración ósea vertebral cervical para mujeres y hombres, relacionándolos con edad cronológica y maduración ósea de la mano y muñeca. Este método analiza el tamaño y forma de las vértebras C2 a C6. En 1995 Hassel y Farman desarrollaron otro método más fácil basado en el perfil lateral de las vértebras C2 a C4 correlacionando la maduración vertebral cervical con la de mano y muñeca (11). Estos estudios revelaron que el análisis vertebral cervical tiene una fiabilidad y validez comparable al del análisis de mano y muñeca para la evaluación de la maduración esquelética de los individuos (4).

En su estudio, Hassel y Farman compararon los 11 estadios del método de Fishman (de mano-muñeca) con características en las vértebras cervicales C2, C3 y C4, relacionándolos en las siguientes 6 categorías (Fig. 7) (11):

1-. *Iniciación*: corresponde a una combinación de los estadios 1 y 2 de Fishman (SMI 1 y 2). En esta etapa el crecimiento puberal está recién comenzando y se espera un 80 a 100% más de este. Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son planos y tienen forma de cuña (trapezoidal) de posterior a anterior (11).

2-. *Aceleración*: combinación de los SMI 3 y 4. Se espera entre un 65 a 85% más de crecimiento. Los bordes inferiores de C2 y C3 comienzan a desarrollar concavidades en esta etapa, C4 continúa con su borde inferior plano. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma casi rectangular (11).

3-. *Transición*: combinación de los SMI 5 y 6 de Fishman. El crecimiento puberal todavía acelera hacia el peak, faltando de un 25% a un 65% para completarlo. Se observan concavidades notables en los bordes inferiores de C2 y C3, y se comienza a ver una concavidad en el borde inferior de C4. Los cuerpos de C3 y C4 son rectangulares horizontal (Mayor dimensión horizontal que vertical) (11).

4-. *Desaceleración*: Combinación de los SMI 7 y 8. El crecimiento puberal comienza a desacelerar notablemente en esta etapa, esperando entre un 10 a un 25% de crecimiento restante. Se observan concavidades notables en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Los cuerpos de C3 y C4 se comienzan a observar más cuadrados (11).

5-. *Maduración*: combinación de los SMI 9 y 10. Durante esta etapa se desarrolla la maduración final vertebral, faltando solo un 5% a 10% del crecimiento puberal. Se observan concavidades más acentuadas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Sus cuerpos son casi cuadrados o cuadrados (11).

6-. *Completación*: corresponde al SMI 11 de Fishman. El crecimiento está completado en esta etapa, se espera muy poco o ningún porcentaje de crecimiento faltante. Se observan concavidades profundas en los bordes inferiores de C2, C3 y C4. Los cuerpos de C3 y C4 son cuadrados o rectangulares verticales (mayor dimensión vertical que horizontal) (11).

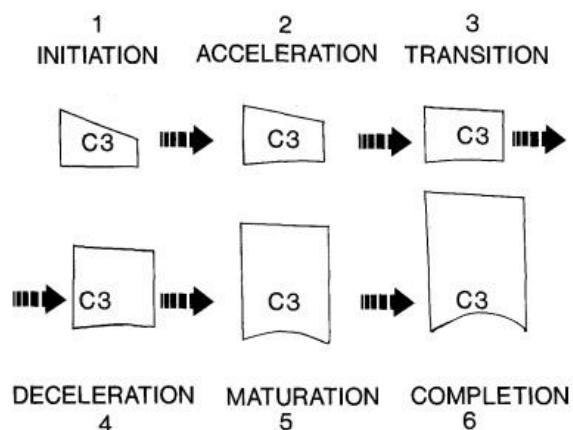


Fig. 7. Categorías de Hassel y Farman (Fuente: Hassel B., Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae)

En cuanto a la relación entre la maduración vertebral cervical y los cambios en el crecimiento mandibular, O'Reilly y Yanniello en 1988, evaluaron esta relación mediante telerradiografías de perfil anuales de trece niñas caucásicas de entre 9 y 15 años, y descubrieron que aumentos estadísticamente significativos en la longitud mandibular, longitud del cuerpo y altura de la rama están asociados con estadios de maduración vertebral cervical específicos del método de Lamparski (12). Más recientemente, en el año 2000, Franchi et al confirmaron la validez de seis estadios de maduración vertebral cervical como indicadores biológicos de la maduración esquelética somática y mandibular, mejorando el método de Lamparski (4).

Sin embargo, aún se necesitaban algunos cambios en el método CVM original para hacerlo más fácil y aplicable a la mayoría de los pacientes, por ejemplo, poder utilizar menos vértebras cervicales, particularmente de C2 a C4 para que los pacientes pudieran usar un collar tiroideo de protección, y evitar definiciones de estadios basados en comparaciones de los cambios entre diferentes estadios, para usar sólo una telerradiografía lateral (4).

Por esta razón, Baccetti et al en el año 2002 desarrollaron un método CVM mejorando el de Lamparski; comprende cinco estadios de maduración observados en las vértebras C2, C3 y C4, estando el peak de crecimiento mandibular entre el estadio II y el III, y el peak puberal no se ha alcanzado si no se pasa antes por los estadios I y II. Este método es particularmente útil cuando se quiere evaluar la maduración ósea en una sola telerradiografía lateral (4).

Una serie de investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo han confirmado la validez del método CVM, sobre todo al compararlo con el análisis de mano y muñeca (13). Pancherz y Szyska en el año 2000, determinaron que el método de maduración vertebral cervical tiene un nivel de confiabilidad comparable al de mano-muñeca, luego en el 2003, Grave y Townsend también confirmaron su validez en aborígenes de Australia (13). En un estudio de Italia el 2006 se comprobó la fiabilidad del método CVM para determinar la maduración ósea, al compararlo con los estadios de Björk (14). Así mismo ocurrió en Arabia Saudita el 2007 (15) y el 2013 en Polonia (16); ambos estudios mostraron una correlación significativa entre los estadios de Björk y CVM en sus muestras. El año 2014 en India, Pichai et al compararon los métodos de Björk, CVM y Hassel-Farman, y no encontraron diferencias significativas entre sus resultados, concluyendo que el método vertebral puede reemplazar perfectamente el método carpal (17).

Así según Baccetti et al, reemplazando el método mano-muñeca con el método CVM, puede evitarse una radiografía adicional, reduciendo la dosis de radiación total del paciente (13).

MÉTODO DE MADURACIÓN ÓSEA VERTEBRAL CERVICAL CVMS (BACCETTI, FRANCHI Y MCNAMARA)

En el año 2005, Baccetti et al realizaron otro estudio en el que nuevamente el objetivo era presentar otra versión modificada del método CVM y su validez para la valoración de la maduración esquelética mandibular en los pacientes, considerando que se ha utilizado el método CVM ampliamente para evaluar el tiempo óptimo para el tratamiento de los distintos tipos de maloclusiones. Este método fue llamado CVMS y consiste en seis estadios de maduración vertebral cervical; los estadios CS1 y CS2 aparecen antes del peak, entre CS3 y CS4 ocurre el peak de crecimiento mandibular y CS6 se observa por lo menos 2 años después del peak (13).

Este método consiste en evaluar dos variables; la concavidad en el borde inferior de los cuerpos de las vértebras cervicales C2, C3 y C4, y la forma de los cuerpos de C3 y C4, que pueden ser 4 (13):

- *Trapezoidal*: el borde superior desciende desde la parte posterior a la anterior.
- *Rectangular Horizontal*: la altura de los bordes anterior y posterior es igual, pero tienen menor longitud que los bordes superior e inferior.
- *Cuadrada*: todos los bordes longitudinales y verticales son iguales o parecidos en longitud.
- *Rectangular Vertical*: los bordes anterior y posterior son más largos que los bordes superior e inferior (13).

Estadios de maduración vertebral cervical según método CVMS de Baccetti et al:

Estadio 1 (CS1):

Los bordes inferiores de todas las vértebras cervicales son planos. Los cuerpos de C3 y C4 presentan forma trapezoidal (Fig. 8). El peak de crecimiento ocurrirá alrededor de 2 años después de esta etapa (13).



Fig. 8. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS1 (Fuente: Baccetti et al., The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Estadio 2 (CS2): El borde inferior de C2 es cóncavo, C3 y C4 tienen borde plano y cuerpo trapezoidal (Fig. 9). El peak de crecimiento se producirá en promedio 1 año después de esta etapa (13).



Fig. 9. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS2 (Fuente: Baccetti et al., The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Estadio 3 (CS3):

Los bordes inferiores de C2 y C3 son cóncavos y el de C4 es plano. Los cuerpos de C3 y C4 son de forma rectangular horizontal/trapezoidal (Fig. 10). El peak de crecimiento ocurrirá durante el año siguiente a este estadio (13).



Fig. 10. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS3 (Fuente: Baccetti et al., The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Estadio 4 (CS4):

Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma rectangular horizontal (Fig. 11). El peak de crecimiento se produjo 1 o 2 años antes de esta etapa (13).



Fig. 11. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS4 (Fuente: Baccetti et al., The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Estadio 5 (CS5):

Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma cuadrada (Fig. 12). El peak de crecimiento ha terminado al menos 1 año antes de este estadio (13).



Fig. 12. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS5 (Fuente: Baccetti et al., The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Estadio 6 (CS6)

Los bordes inferiores de C2, C3 y C4 son cóncavos. Los cuerpos de C3 y C4 tienen forma rectangular vertical (Fig. 13). El peak de crecimiento terminó por lo menos 2 años antes de esta etapa (13).



Fig. 13. Dos ejemplos clínicos del estadio cervical CS6 (Fuente: Baccetti et al. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics)

Indicadores de Maduración Ósea Carpal

Los sistemas de Greulich y Pyle, sin duda el más popular, y de Tanner-Whitehouse son los métodos de maduración carpal más empleados para determinar la edad ósea hoy en día. A pesar de sus diferencias teóricas, ambos métodos están basados en el reconocimiento de indicadores de maduración (18). El método TW es comparablemente más complejo y requiere más tiempo, sin embargo, es más preciso y reproducible que el método GP (19). Estos métodos fueron desarrollados de acuerdo a variadas características del desarrollo en sujetos en los Estados Unidos y Europa (20).

El método de Björk modificado por Grave y Brown, fue realizado en base a dos estudios, uno en Dinamarca y otro en el sur de Australia, y divide el proceso de maduración en 9 estadíos evolutivos (21, 22). Más tarde Fishman propuso un sistema, basado en su estudio realizado en EE.UU., que usa sólo 4 etapas de maduración ósea en 6 sitios ubicados en el pulgar, tercer dedo, quinto dedo y radio, en los que se reconocen 11 estadíos de maduración ósea que cubren todo el período del desarrollo adolescente (5). Para algunos este método es el más aplicable en clínica y relevante en ortodoncia (23).

MÉTODO DE GREULICH Y PYLE (1959, EE.UU.)

El interés de los padres por la examinación de sus hijos e información sobre el crecimiento y desarrollo normal de ellos, creó la necesidad de buscar métodos que entreguen información más precisa de lo que puede ser inferido de la altura, peso y edad cronológica. Para esto se comenzó a estudiar la edad ósea (24).

El atlas de Greulich y Pyle recopila radiografías de mano y muñeca izquierda de una muestra de 1000 niños entre 10 y 19 años de EE.UU., de raza blanca y de clase socioeconómica media alta en los años 30, que fueron estudiados en forma longitudinal. De estas radiografías se seleccionaron estándares para

determinadas edades que sirven de referencia para estimar la edad ósea de una persona a través de la comparación de ellos con la radiografía de mano-muñeca del paciente. Así se busca el estándar más similar al de la persona y se determina su edad ósea. Este método se basa en el reconocimiento de indicadores de maduración en las radiografías, los que son características de osificación con un orden definido e irreversible (24).

Este método se centra en el estudio de los centros de osificación y de los cartílagos de crecimiento de los huesos largos, por esta razón su utilidad es principalmente en medicina para determinar patologías óseas fundamentalmente en niños (24).

Además, a pesar de que es el método más popular, no es el más preciso, ya que sus márgenes de error son elevados (hasta 18 meses) (9).

ANALISIS DE TANNER Y WHITEHOUSE (1962, Inglaterra)

Este análisis tuvo su primera versión en 1962 conocida como TW1. Luego aparecieron dos versiones, el TW -2 (1975) y el TW-3 (2000) los que se diferencian principalmente en la muestra; en la última versión se incluyen individuos Norteamericanos y Europeos, y en la primera solo Europeos (25).

Existen 3 variantes del método de Tanner-Whitehouse, independiente de la versión (TW 1, 2 o 3); “Variante Carpal”, “Variante radio, cubito y dedos” (R.C.D.) y “Mano total” (25).

Cada hueso tiene definido una serie de 8 a 9 estadios clasificados en una escala desde B hasta H o I por los que necesariamente debe pasar en su proceso de maduración. A cada estadio se le asigna un valor numérico predeterminado en una tabla; la suma total de los valores obtenidos en cada uno de las variantes usadas o sea, Variante Carpal y Variante radio, cubito y dedos (RCD), se representan en una tabla a través de percentiles. Los valores obtenidos de la

radiografía en estudio se compara con las de las tablas y así se determina la edad ósea, la cual puede considerarse normal si cae en el percentil 50 ± 1 de desviación estándar, pero si cae dentro de 2 o más desviaciones estándar puede pensarse en una alteración de la maduración ósea (25).

ANÁLISIS DE BJÖRK MODIFICADO POR GRAVE Y BROWN (1976, Dinamarca, Australia)

Este método divide el proceso de maduración de los huesos de la mano y muñeca derecha en 9 estadios evolutivos en niños de 9 a 17 años de edad. Su relevancia se debe principalmente a la relación existente entre estos 9 estadios de maduración ósea carpal y la curva de crecimiento de Björk (26).

Las características de osificación se observan a nivel de las falanges, huesos del carpo y radio; detectándose la relación entre epífisis y diáfisis en los dedos. Esta relación puede ser de 4 formas distintas (26):

- 1-. *No equivalente: La epífisis es delgada y su ancho es mucho menor que el ancho de la diáfisis.*
- 2-. *Equivalente (=): La epífisis tiene el mismo ancho que la diáfisis; comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal.*
- 3-. *Capsular (cap): La epífisis rodea a la diáfisis como un capuchón; coincide con el brote máximo de crecimiento puberal, y se corresponde con el quinto estadio.*
- 4-. *Unión (u): La epífisis se fusiona con la diáfisis; indica el término del brote de crecimiento puberal y se corresponde con el sexto, séptimo, octavo y noveno estadios (26).*

Metodología para la identificación en la Radiografía de Mano-Muñeca

- Los dedos se enumeran del 1 al 5, siendo el pulgar el 1.
- A las falanges se les asigna la letra P
- Se define falange D (distal), M (media) o P (proximal).
- Al hueso sesamoideo se le asigna la S y al radio la R (26).

(Fig. 14)

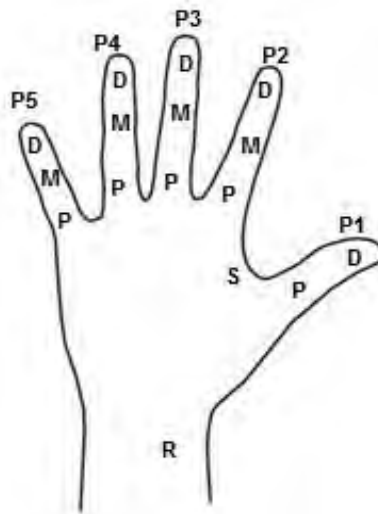


Fig. 14. Esquema para la identificación en la Radiografía mano-muñeca.

Estadios de maduración ósea carpal según Björk, Grave y Brown

Primer estadio de maduración (PP2=):

La diáfisis de la falange proximal del dedo del dedo índice (PP2), muestra la misma anchura que la epífisis (=). Este estadio comienza aproximadamente 3 años antes del brote de crecimiento puberal (27).

Segundo estadio de maduración (MP3=):

La diáfisis de la segunda falange del dedo medio (MP3) muestra el mismo ancho que la epífisis (=) (Fig. 15) (27).

Tercer estadio de maduración (S):

Inicio de la mineralización del hueso sesamoideo (Fig. 16) (27).

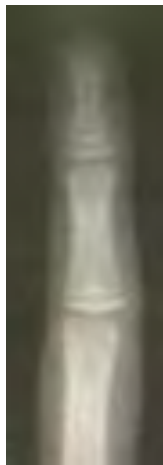


Fig. 15. Segundo estadio de Björk (MP3=)

Fig. 16. Tercer estadio de Björk (S)

(Fuente: Urzúa R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales)

Cuarto estadio de maduración (PP1cap):

La epífisis de la falange proximal del dedo pulgar rodea como capuchón a la diáfisis.

Este estadio se alcanza poco antes o al inicio del brote de crecimiento puberal (27).

Quinto estadio de maduración (MP3cap):

La epífisis rodea a modo de capuchón a la diáfisis, a nivel de la falange media del dedo medio. Este estadio de osificación coincide con el brote máximo de crecimiento puberal (Fig. 17) (27).



Fig. 17. Quinto estadio de Björk (MP3cap) (Fuente: Urzúa R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales)

Sexto estadio de maduración (DP3 u):

Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio. Al alcanzarse este estadio evolutivo, termina el brote de crecimiento puberal (27).

Séptimo estadio de maduración (PP3 u):

Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange proximal del dedo medio (27).

Octavo estadio de maduración (MP3 u):

Fusión visible de la diáfisis y epífisis de la falange media del dedo medio (Fig. 18) (27).

Noveno estadio de maduración (Ru):

Osificación y unión completa de la diáfisis y epífisis del Radio. Al llegar a este estadio, termina la osificación de todos los huesos de la mano y, al mismo tiempo, el crecimiento óseo (Fig. 19) (27).



Fig. 18. Octavo estadio de Björk.(MP3u)

Fig. 19. Noveno estadio de Björk (Ru)

(Fuente: Urzúa R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales)

Estos estadios pueden repartirse a través de la curva de ritmo de crecimiento establecida por Björk. Así el estadio de maduración ósea 3 se corresponde con el mínimo prepuberal, el 4 con la aceleración del crecimiento puberal, el 5 con el peak máximo, y del 6 al 8 ocurre el descenso de dicho crecimiento, completándose a nivel del estadio 9 (26). (fig. 20; tabla 1)

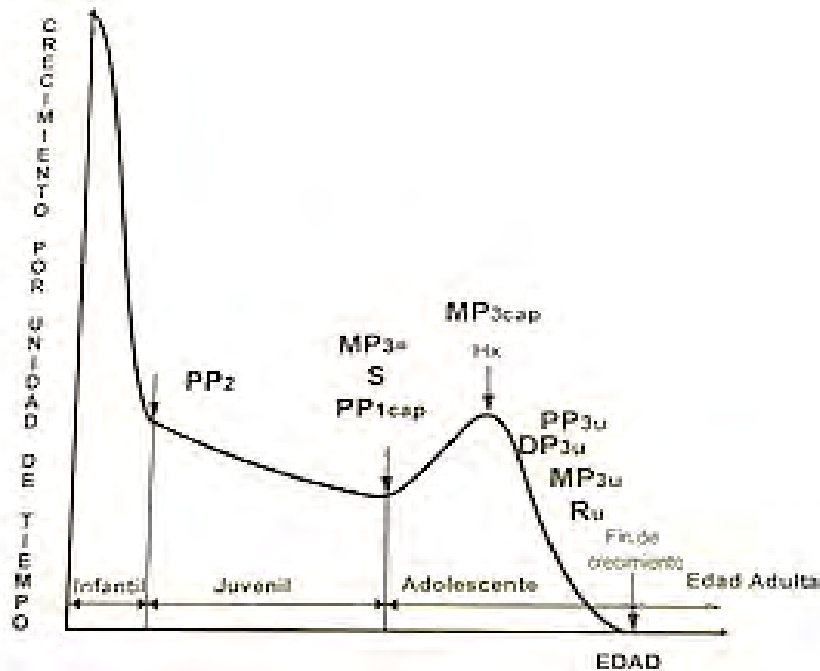


Fig. 20. Relación de los estadios con la curva de crecimiento de Björk. (Fuente: Urzúa R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales)

Estadio de maduración	Indicador	Relación con el peak puberal
1º	PP2=	-3 a -1 año
2º	MP3=	-1 a 0 año
3º	S	-1 a 0 año
4º	PP1cap	-1 a 0 año
5º	MP3cap	0 a +1 año
6º	DP3u	+1 a +2 años
7º	PP3u	+2 años
8º	MP3u	+2 a +3 años
9º	Ru	+3 a +4 años

Tabla 1: Relación entre estadios de maduración carpal de Björk y peak puberal (26)

MÉTODO DE FISHMAN (1982, EE.UU.)

El sistema usa sólo 4 etapas de maduración ósea (Fig. 21) en 6 sitios ubicados en el pulgar, tercer dedo, quinto dedo y radio (Fig. 22). En estos sitios se reconocen 11 estadios de maduración ósea, que cubren todo el período del desarrollo adolescente (5).

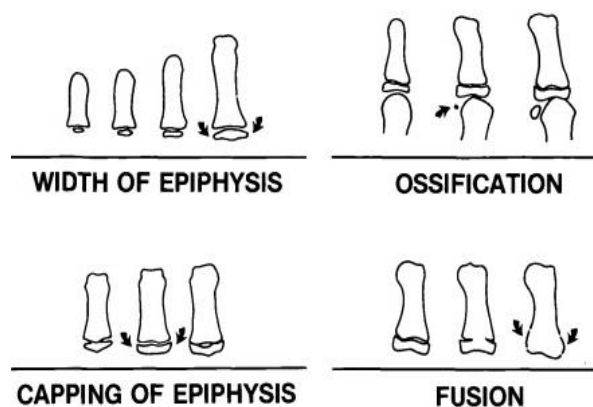
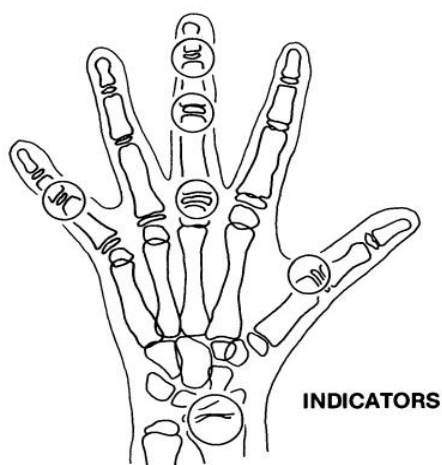


Fig. 21. Etapas de maduración ósea: Equivalencia de la epífisis, Osificación del sesamoideo, Capeamiento de la epífisis, Fusión de la epífisis.



: Fig. 22. Sitios de los indicadores.

(Fuente Fig. 21 y 22:: Fishman L. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation: A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films)

Estos indicadores de maduración esquelética (IME) son:

Ancho de la epífisis igual que la diáfisis

1-.3er dedo-falange proximal

2-.3er dedo- falange media

3-.5to dedo- falange media

Osificación

4-.Sesamoideo

Capeamiento de la epífisis

5-.3er dedo- falange distal

6-.3er dedo- falange media

7-.5to dedo- falange media

Fusión de la epífisis con diáfisis

8-.3er dedo- falange distal

9-.3er dedo-falange proximal

10-.3er dedo- falange media

11-.Radio

ESQUEMA DE OBSERVACIÓN DE LA MANO Y MUÑECA



Fig. 23. Esquema de los estadios de Fishman. (Fuente: Fishman L. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation: A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films)

Un esquema observacional sistemático (Fig. 23) puede facilitar la evaluación de los IME. Con este acercamiento se verifican las fases importantes primero, en lugar de ir buscando los indicadores de madurez en el orden numérico, llevando a la identificación rápida del IME aplicable (5).

Un primer paso útil es determinar si el sesamoideo puede verse. Si no, entonces el IME aplicable será asociado al ensanchamiento epifisial temprano en lugar del capeamiento. Si el sesamoideo es visible, entonces cualquier IME basado en el sesamoideo, capeamiento o fusión será aplicable (5).

Fishman relacionó los 11 estadios con la edad cronológica y con las tasas de crecimiento relativo de estatura, maxilar y mandíbula. En mujeres, a excepción del IME nivel 7, el porcentaje de valores de crecimiento incremental de estatura exceden los valores faciales en todos los niveles de maduración hasta el IME 9. Fue vista una intensidad de crecimiento considerablemente mayor en el periodo previo al momento de velocidad de crecimiento máximo que en el periodo posterior, para los valores faciales y de estatura. En los hombres nuevamente la

tasa de crecimiento de la estatura está sobre las del maxilar y la mandíbula hasta el IME 9, pero la velocidad máxima de crecimiento para la estatura es en el IME 6, uno después que en las mujeres (IME 5). El maxilar y la mandíbula alcanzaron la tasa de máximo crecimiento en el IME 7, también un nivel después que en las mujeres (IME 6) (5).

Entonces se concluye que el estadio 5 ocurre menos de 1 año antes del peak de velocidad de crecimiento (PVC), el estadio 6 es justo después del PVC y el 7 ocurre menos de medio año luego del PVC. A partir de esto y de la relación con la edad cronológica de cada estadio se puede inferir la asociación con el PVC de todos ellos (28).

Fishman realizó sus estudios basándose en radiografías de la mano y muñeca izquierda, sin embargo, en el año 2015, Safer et al (29) realizaron un estudio para evaluar las diferencias de los estadios del método de Fishman entre la mano derecha y la izquierda, y concluyeron que:

- El uso de la mano, el género y la edad cronológica no juegan un papel significativo en las diferencias de los estadios de Fishman entre la mano derecha y la izquierda.
- Aunque la correlación entre los estadios de Fishman del lado derecho e izquierdo fue muy alta (79%) y las diferencias no eran estadísticamente significativas, el 24% de los sujetos que estaban entre el IME 1 y 3 tenía un valor del lado izquierdo más avanzada, y el 28% de los sujetos en el IME 11 tenían más avanzado el lado derecho, lo que toma importancia para evaluar el fin del crecimiento.
- Por lo anterior, se recomienda utilizar una radiografía de la mano-muñeca izquierda para estimar el término del crecimiento esquelético en pacientes quirúrgicos jóvenes (29).

Telerradiografía lateral de cráneo

La telerradiografía es un examen radiográfico extraoral cuyo nombre involucra el concepto de que es tomada a distancia. Al aumentar la distancia entre el tubo de rayos y el cuerpo a radiografiar, considerando además que la película está totalmente adosada a dicho cuerpo, se obtiene como resultado una mínima magnificación de la radiografía con respecto al tamaño verdadero de las estructuras anatómicas (26).

Se pueden realizar telerradiografías en los tres planos del espacio, pero la que habitualmente se pide en clínica y sobretodo es solicitada por el ortodoncista es la telerradiografía lateral con perfil de tejidos blandos (Fig. 24) (26).



Fig. 24. Telerradiografía lateral de cráneo

Indicaciones de la Telerradiografía lateral de cráneo o Telerradiografía de perfil:

- Estudios cefalométricos en ortodoncia
- Diagnóstico y control de tratamiento de tratamientos ortodónticos, protésicos o implantes, síndrome de apnea del sueño en el adulto, patologías craneomandibulocervicales, cirugía ortognática y plástica, entre otros.
- Observación de datos de traumatismo, enfermedad o anomalías del desarrollo.
- Evaluación del crecimiento facial y edad ósea
- Registros antes y después de tratamiento en diversas disciplinas odontológicas (9).

La dosis de radiación absorbida por el paciente no es menor y se han realizado diversas publicaciones demostrando cómo reducirla. Las glándulas parótida y tiroides son los órganos más afectados ya que absorben las mayores dosis de radiación, sobretudo el lado cercano al tubo de rayos. Gijbels et al realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar la dosis de radiación absorbida y la dosis efectiva en exposiciones cefalométricas (en telerradiografías de perfil) con y sin colimador. Con ello descubrieron que la dosis efectiva se puede reducir en un 47% promedio utilizando el colimador que cubre ciertas estructuras que no son necesarias para el estudio cefalométrico (26).

Patcas et al (2012, Suiza) después de analizar las dosis efectivas de la telerradiografía lateral de cráneo con y sin el uso del collar tiroideo y compararlas con la dosis de radiación de la radiografía de mano y muñeca, demostraron, basándose en el criterio ALARA (As Low As Reasonably Achievable: tan bajo como sea razonablemente posible), que la valoración de la maduración ósea vertebral cervical en una telerradiografía lateral de cráneo debe ser cuestionada y el uso del collar tiroideo debe ser promovido. Si es necesaria la estimación de la edad ósea, parece mucho más justificado utilizar una radiografía de mano y

muñeca adicional que remover el collar tiroideo, lo que causaría que tejido altamente vulnerable, como la glándula tiroides, fuera expuesto a radiación directa (7).

Por esto se hace necesario establecer un consenso con los ortodoncistas para intentar utilizar algún sistema como los descritos previamente que permita colimar lo máximo posible la zona a radiografiar, considerando que se tiende a repetir la toma de esta radiografía hasta que cumpla con los parámetros adecuados y también se solicita repetidamente en el tiempo sobretodo en niños. Sin embargo, se sabe que en la práctica esto no se hace en forma constante (26).

Radiografía de mano-muñeca

Como se describió previamente, se han empleado diversas partes del cuerpo como el codo, hombros, rodillas, caderas, pie, entre otros para estimar la maduración ósea, sin embargo, implican una gran cantidad de radiación y un elevado costo. Por lo mismo, actualmente se utiliza la radiografía de mano y muñeca, ya que es una zona de fácil acceso que requiere poca radiación y que permite observar una gran cantidad de piezas óseas (Fig. 25) (26).

Los diferentes autores de los métodos de maduración carpal han utilizado indistintamente la mano derecha o izquierda. Los primeros antropólogos que hicieron estudios en sujetos vivos utilizaban la mano derecha ya que consideraban que la mayoría de las personas son diestras y tienen menor riesgo de perder la mano izquierda. Pero los distintos estudios de comparación entre ambas manos han concluido que las diferencias no son significativas y, por lo tanto, se puede usar cualquier mano ya sea derecha o izquierda. Por ejemplo los autores Greulich y Pyle hicieron su método basado en radiografías de la mano izquierda, mientras Björk y Helm ocuparon la mano derecha (26).



Fig. 25. Radiografía de mano- muñeca.

Algunos estudios en Sudamérica

Si bien existe una gran cantidad de investigaciones acerca de la maduración ósea, hay pocas que estudien este tema en la población chilena, y/o que comparen muestras de Chile con las extranjeras que se ocuparon para llevar a cabo los métodos antes descritos (9).

Sin duda los estudios más importantes en Chile son los realizados por Canals et al (1985-1988), en los que se concluye que la población del área norte de Santiago de estratos socioeconómicos medio, medio-bajo y bajo está retardada en su maduración ósea de 0 a 6 años respecto de los niños de estratos altos de Cleveland (USA), desde donde se obtuvo la muestra para el Atlas de Greulich y Pyle; sin embargo esto es más marcado en el varón; las mujeres chilenas de esta muestra se aproximan a esos patrones. Las diferencias con la población inglesa (método de TW) eran menores y se daba un retardo leve solo en los varones. Por otro lado, otra muestra de niños chilenos de 6 a 19 años de los mismos estratos y de la misma área prácticamente no difiere de la muestra inglesa en su maduración ósea (30, 31, 32, 33).

También en Chile, en un estudio realizado el año 2009 por Rivas et al (34) se estudió la relación entre el método de Hassel y Farman de las vértebras cervicales con la edad cronológica y se observó claramente que las mujeres tienen el peak de crecimiento puberal 1 año antes que los hombres; “La mayoría de las mujeres (80,7%) comienzan a experimentar el comienzo del peak de crecimiento a los 11 años de edad y los hombres a los 12 años (74%)” (34). En otra investigación del mismo año, de Zurita y Fuentes, se encontró un alto nivel de correlación entre el método carpal de Fishman y el método vertebral cervical CVMS (35).

Siguiendo en Sudamérica, en Brasil Jaqueira et al, en el año 2010, compararon el uso de tres métodos para evaluar la maduración vertebral cervical (CVMS,

Hassel-Farman y Seedat-Forsberg) analizando, en tres ocasiones diferentes por 4 evaluadores, 23 radiografías de las vértebras cervicales de pacientes de 7 a 49 años seleccionadas aleatoriamente. Su conclusión fue que los tres métodos demostraron aplicabilidad clínica, sin embargo, el método CVMS tuvo los mejores resultados, seguido del método de Hassel-Farman y el método de Seedat-Forsberg (36).

Angela Barrero el año 2012 en Chile, estudió la correlación entre los estadíos de maduración ósea carpal según el método de Björk modificado, y los estadíos de maduración ósea vertebral cervical según el método CVMS. Sus conclusiones fueron que existió un alto grado de correlación entre ambos métodos, siendo éste más alto en el sexo femenino que en el masculino, también que el método CVMS tiene un alto grado de confiabilidad y es un indicador de primer nivel para determinar la edad ósea, y que se puede prescindir de la radiografía carpal para la evaluación de la maduración ósea y sustituirla por una telerradiografía lateral de cráneo (9).

Por lo mismo y considerando que la telerradiografía lateral de cráneo se ha utilizado ampliamente como recurso auxiliar en el diagnóstico en ortodoncia y ortopedia para evaluar las relaciones dentales y faciales antes, durante y después del tratamiento (6), y teniendo en cuenta además que es cuestionable la exposición a la radiación extra que genera una radiografía adicional en el tratamiento, se han utilizado menos las radiografías de mano y muñeca para predecir el peak puberal en los pacientes (7).

Sin embargo, como se mencionó previamente, debido a la alta dosis absorbida por el paciente en una telerradiografía lateral, la susceptibilidad de algunos tejidos en el área que cubre dicho examen y la poca preocupación de los profesionales por cumplir con los sistemas de colimación adecuados; parece mucho mejor utilizar una radiografía de mano y muñeca adicional (7, 26).

HIPÓTESIS

“Existe un alto nivel de concordancia entre los métodos CVMS, Björk modificado y Fishman, en la estimación de la maduración ósea de pacientes chilenos del Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la Universidad Nacional Andrés Bello, sede Santiago.”

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar el nivel de concordancia entre el método de maduración ósea carpal de Björk modificado, el de Fishman y el método de maduración ósea vertebral cervical de Lamparski modificado por Baccetti, Franchi y McNamara (CVMS), al utilizarlos para la estimación de la edad ósea en pacientes chilenos del Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la UNAB.

Objetivos específicos:

- Identificar los estadios de maduración ósea vertebral cervical según método CVMS.
- Identificar los estadios de maduración ósea carpal según método de Björk, Grave y Brown.
- Identificar los estadios de maduración ósea carpal según método de Fishman.
- Correlacionar los estadios de maduración ósea vertebral con la edad cronológica.
- Correlacionar los estadios de maduración ósea carpal según método de Björk, Grave y Brown con la edad cronológica.
- Correlacionar los estadios de maduración ósea carpal según método de Fishman con la edad cronológica.
- Determinar si existe asociación entre los estadios de maduración ósea vertebral y carpal, según género (femenino o masculino).
- Determinar el nivel de concordancia entre los métodos de maduración ósea carpal de Björk modificado y de Fishman.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio de tipo analítico, no experimental, correlacional, transversal y retrospectivo se utilizó un universo de 900 fichas que corresponden al total de pacientes que han acudido al Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la Universidad Nacional Andrés Bello, sede Santiago, del cual se extrajo una muestra de 68 radiografías (34 de mano-muñeca y 34 telerradiografías laterales de cráneo), por muestreo no probabilístico por conveniencia, correspondientes a 34 pacientes chilenos entre 11 y 17 años (con su debido consentimiento informado), de los cuales 13 son de género masculino y 21 de género femenino, y a los que se les tomó una radiografía de mano-muñeca y una telerradiografía lateral de cráneo en forma simultánea o con una diferencia de máximo tres meses entre ambas.

Se realizó la evaluación de las radiografías mediante 3 métodos de análisis de maduración ósea estandarizados; Björk modificado, Fishman (en la radiografía de mano-muñeca) y CVMS (en la telerradiografía lateral de cráneo). Estos métodos usados ampliamente en ortodoncia se basan en el grado de osificación, tamaño y forma de diferentes piezas óseas.

Esta evaluación fue realizada por 2 examinadores, los que fueron calibrados previamente para evitar o disminuir las diferencias de criterio al momento de la evaluación.

Se estudiaron las siguientes cinco variables, cuyas características son: (Tabla 2)

- Edad cronológica: variable cuantitativa, continua e independiente.
- Género: variable cualitativa de dos categorías (dicotómica), independiente.
- Maduración ósea carpal según Björk modificado: variable ordinal, independiente.
- Maduración ósea carpal según Fishman: variable ordinal, independiente.
- Maduración ósea vertebral según método CVMS: variable ordinal, independiente.

Variable	Definición Operacional	Escala de Medición
Edad cronológica	Tiempo transcurrido desde el nacimiento y será medido en meses.	Numérica del 11 al 17
Género	Condición natural de ser hombre o mujer	Escala nominal codificada: masculino(0) / femenino(1)
Método Björk modificado	Estadio según método	Numérica del 1 al 9
Método de Fishman	Estadio según método	Numérica del 1 al 11
Método CVMS	Estadio según método	Numérica del 1 al 6

Tabla 2. Definición operacional de variables.

Para realizar los cálculos de estadística se codificó en números el género de los pacientes, siendo 0 masculino y 1 femenino (Tabla 2). Para poder relacionar correctamente el método CVMS con los métodos de Fishman y Björk, estos dos últimos fueron reducidos a seis intervalos. A cada uno se le asignó un valor numérico del 1 al 6 asociado a la relación con el peak puberal descrita por cada autor. (Tabla 3) Ya que el objetivo del estudio es determinar la concordancia entre estos tres métodos al estimar la edad ósea o maduración esquelética, y no sólo correlacionar las etapas de cada método, esta comparación en base al peak puberal le otorga objetividad y validez a los resultados obtenidos.

Método de Fishman	CVMS	Método Björk Modificado	Relación con Peak Puberal	Valor
1	1	1	-3 a -2	1
2-3	2	2	-2 a -1	2
4-5	3	3-4	-1 a 0	3
6-7	4	5	0 a +1	4
8-9	5	6-7	+1 a +2	5
10-11	6	8-9	+2 a +4	6

Tabla 3. Tabla comparativa y asignación de valores.

Los análisis estadísticos utilizados fueron dos; para determinar el nivel de concordancia de los tres métodos de maduración ósea entre sí se usó el test de Kappa de Cohen (se analizó por pares), y para medir el grado de correlación entre los mismos y de cada método con la edad cronológica y con el género se usó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman (Rho de Spearman).

Para expresar cualitativamente la fuerza de la concordancia se utilizó la escala propuesta por Landis y Koch en 1997 (37).

Para determinar la fuerza de la correlación se usó la escala propuesta por Bisquerra en el 2009 (38).

Los datos obtenidos se analizaron utilizando el programa S.P.S.S 17.0.

RESULTADOS

El total de radiografías evaluadas fue de 68 correspondientes a 34 pacientes, de los cuales 13 fueron de género masculino, que equivalen a un 38% de la muestra con una edad promedio de 14.0 años, y 21 de género femenino equivalentes al 62% con una edad promedio de 13.9 años (Gráfico 1).



Gráfico 1: Distribución de la muestra por género.

Los resultados obtenidos muestran una correlación perfecta ($\rho=1.0$, $p<0,0001$) entre los métodos de maduración ósea carpal de Fishman y Björk y una correlación positiva fuerte ($\rho=0.71$, $p<0,0001$) entre el método de maduración ósea vertebral cervical CVMS y los dos métodos carpales (Fishman y Björk) (Tabla 4).

Al calcular el coeficiente Kappa de Cohen se encontró una concordancia perfecta ($k=1.0$) entre Fishman y Björk, y una concordancia leve ($k=0.092$) entre el método CVMS y los dos métodos de maduración ósea carpal (Fishman y Björk) (Tabla 4).

	KAPPA	Fuerza de la Concordancia	CORRELACIÓN		
			p	rho	Fuerza de la correlación
Fishman V/S Bjork	1,0	Concordancia Perfecta	<0,0001	1,00	correlación perfecta
Fishman V/S CVMS	0,092	Concordancia Leve	<0,0001	0,71	correlación alta
Bjork V/S CVMS	0,092	Concordancia Leve	<0,0001	0,71	correlación alta

Tabla 4. Concordancia y Correlación entre los tres métodos de maduración ósea.

Al comparar cada método con la edad cronológica calculada en meses y luego transformada en años, se halló una correlación positiva fuerte en los tres casos (Tabla 5).

Edad Cronológica Vs	CORRELACIÓN		
	p	rho	Fuerza de la correlación
Fishman	<0,0001	0,77	correlación positiva, alta o fuerte
Björk	<0,0001	0,77	correlación positiva, alta o fuerte
CVMS	<0,0001	0,66	correlación positiva, alta o fuerte

Tabla 5. Correlación entre cada método y la edad cronológica.

Al aplicar el coeficiente de Spearman no se encontró correlación entre los métodos Fishman ($\rho=0.33$, $p=0.056$), Björk ($\rho=0.33$, $p=0.056$), CVMS ($\rho=0.18$, $p=0.323$) y el género de los pacientes (Tabla 6).

Género Vs	CORRELACIÓN		
	p	rho	Fuerza de la correlación
Fishman	0,056	0,33	no hay correlación
Björk	0,056	0,33	no hay correlación
CVMS	0,323	0,18	no hay correlación

Tabla 6. Correlación entre cada método y el género.

Se observó la distribución de frecuencias de los valores obtenidos en cada método (Fishman, Björk y CVMS) para cada género (Tablas 7 y 8). A raíz de que la concordancia fue perfecta entre los métodos de Fishman y Björk se contemplaron como una sola variable que se puede interpretar para ambos casos.

Fishman/Björk Mujeres	CVMS Mujeres					
	1	2	3	4	5	6
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	1	-	-
4	-	1	1	-	1	-
5	-	-	-	4	1	1
6	-	-	-	2	6	3

Tabla 7. Distribución de frecuencia en Mujeres

Fishman/Björk Hombres	CVMS Hombres					
	1	2	3	4	5	6
1	-	1	-	-	-	-
2	1	-	1	-	-	-
3	1	-	-	-	1	-
4	-	-	1	2	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	1	-	4

Tabla 8. Distribución de frecuencia en Hombres

Para la muestra femenina se encontraron 4 casos coincidentes (mismo valor en CVMS y Fishman/Björk) en los valores 5 y 6, mientras que en la muestra masculina se hallaron 6 casos coincidentes en los valores 4 y 6. Estos 10 casos representan el 29. 4% de la muestra total y se observaron en las fases más tardías respecto al peak de crecimiento.

En los gráficos 2 y 3 se muestra la dispersión de los casos por género. Se observa que a pesar de estar alejados de la línea de tendencia, siguen su distribución en forma relativamente lineal (más en la muestra femenina que la masculina).

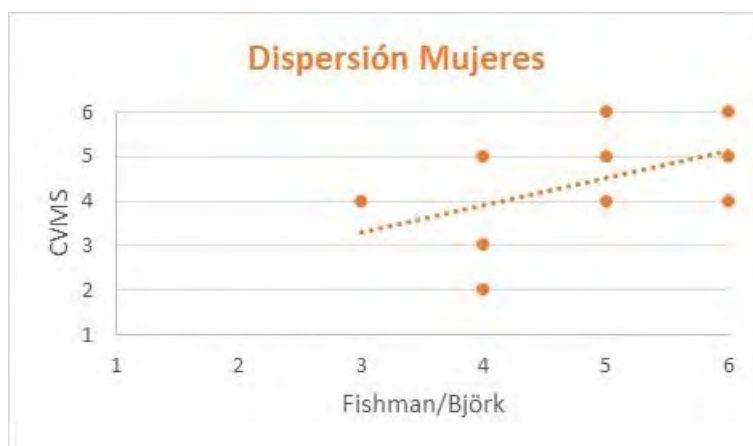


Gráfico 2. Dispersión en mujeres

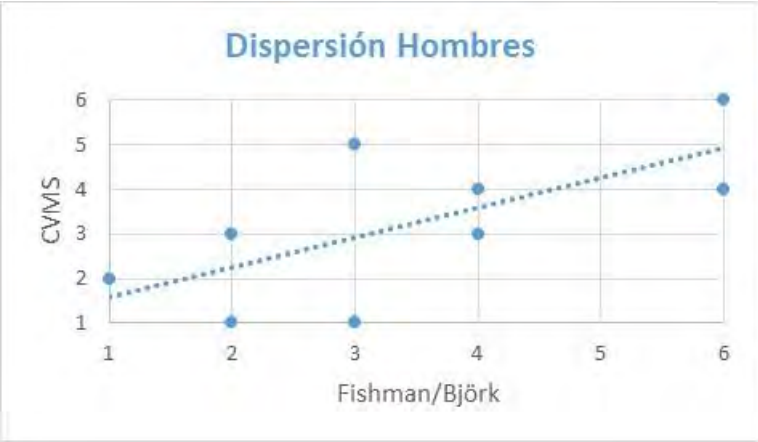


Gráfico 3. Dispersión en hombres

Además de calcular la correlación entre la edad cronológica y cada método, se realizaron tablas y gráficos que muestran la distribución de los valores de cada método por edad y género, para determinar mejor aún la relación entre estas variables. (Tablas 9-12, Gráficos 4-7)

Rango edad	CVMS MUJERES					
	1	2	3	4	5	6
11 a 12		1 (4.7%)	1 (4.7%)	3 (14.3%)	1 (4.7%)	
13 a 14				3 (14.3%)	5 (23.8%)	1 (4.7%)
15 o más				1 (4.7%)	2 (9.5%)	3 (14.3%)

Tabla 9. Distribución valor CVMS por edad en mujeres

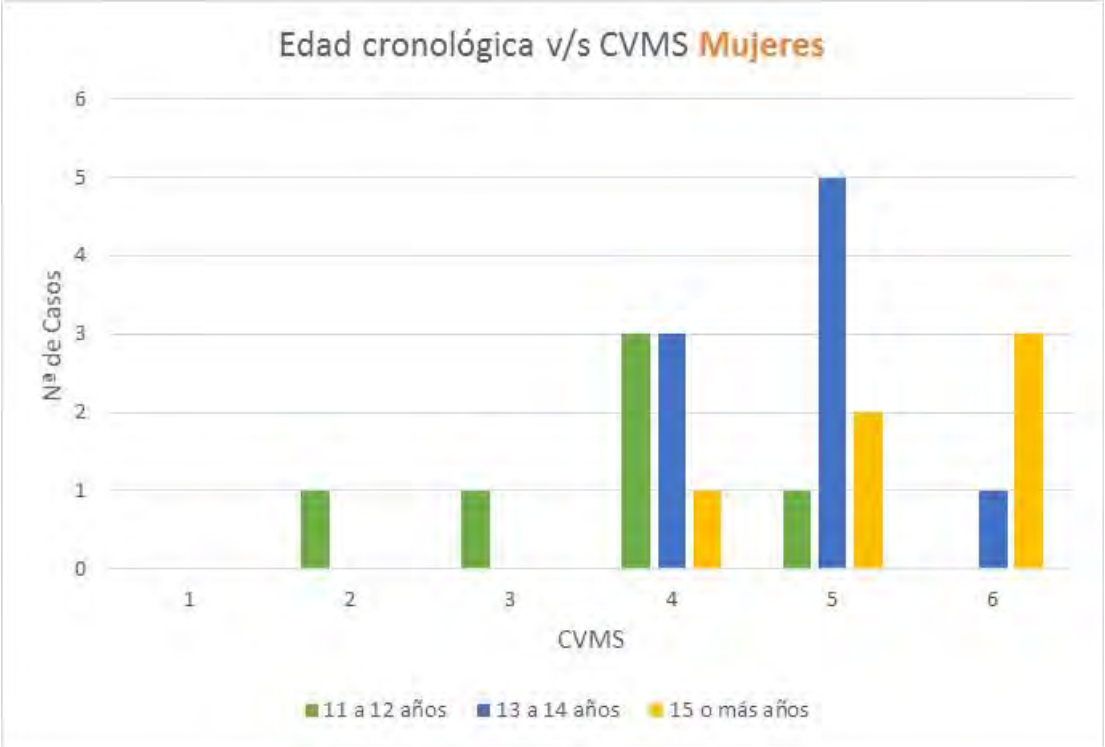


Gráfico 4. Distribución valor CVMS por edad en mujeres

Rango edad	Fishman/Björk MUJERES					
	1	2	3	4	5	6
11 a 12			1 (4.7%)	3 (14.3%)	2 (9.5%)	
13 a 14					4 (19%)	5 (23.8%)
15 o más						6 (28.6%)

Tabla 10. Distribución valor Fishman/Björk por edad en mujeres

En cuanto a la muestra femenina, tanto en los valores de CVMS como en los de Fishman y Björk, se observa que el mayor porcentaje de las mujeres que se encuentran alrededor del peak de crecimiento (valores 3 y 4) están en el rango de edad de 11 a 12 años.

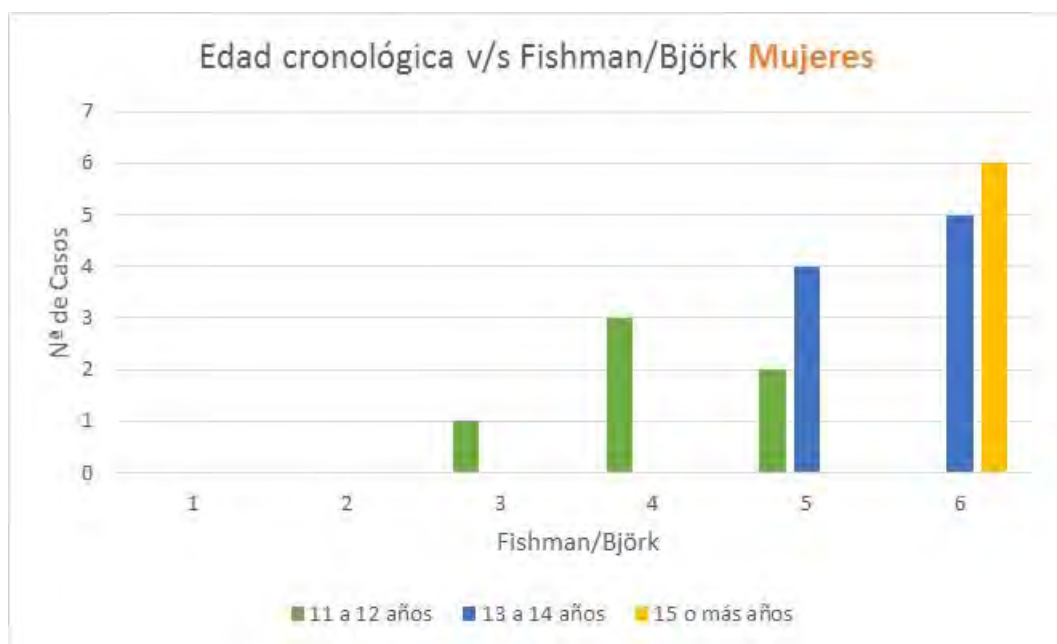


Gráfico 5. Distribución valor Fishman/Björk por edad en mujeres

También se puede observar que en el caso de los métodos carpales la distribución por edad es más marcada; el rango de 13 a 14 años sólo se ve en los estadios 5 y 6, y el rango de 15 o más años está exclusivamente en el valor 6, a diferencia del método CVMS donde los valores 4 y 5 se ven en todos los rangos etarios.

Rango edad	CVMS HOMBRES					
	1	2	3	4	5	6
11 a 12	2 (15.4%)				1 (7.7%)	
13 a 14		1 (7.7%)	2 (15.4%)	2 (15.4%)		1 (7.7%)
15 o más				1 (7.7%)		3 (23.1%)

Tabla 11. Distribución valor CVMS por edad en hombres

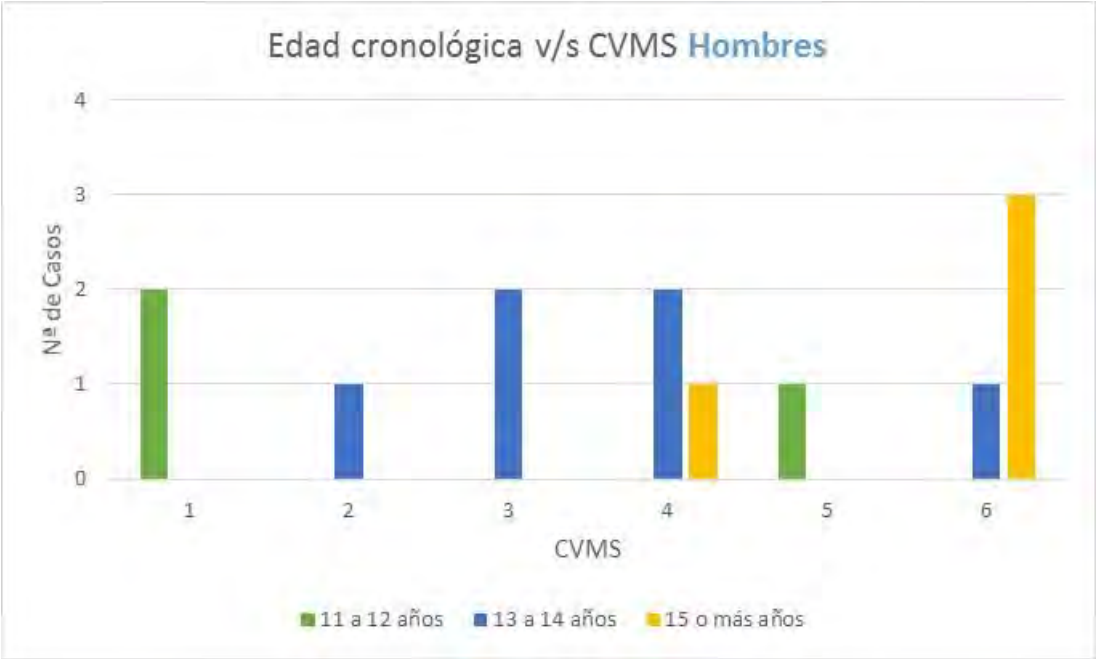


Gráfico 6. Distribución valor CVMS por edad en hombres

Rango edad	Fishman/Björk HOMBRES					
	1	2	3	4	5	6
11 a 12		1 (7.7%)	2 (15.4%)			
13 a 14	1 (7.7%)	1 (7.7%)		3 (23.1%)		1 (7.7%)
15 o más						4 (30.8%)

Tabla 12. Distribución valor Fishman/Björk por edad en hombres

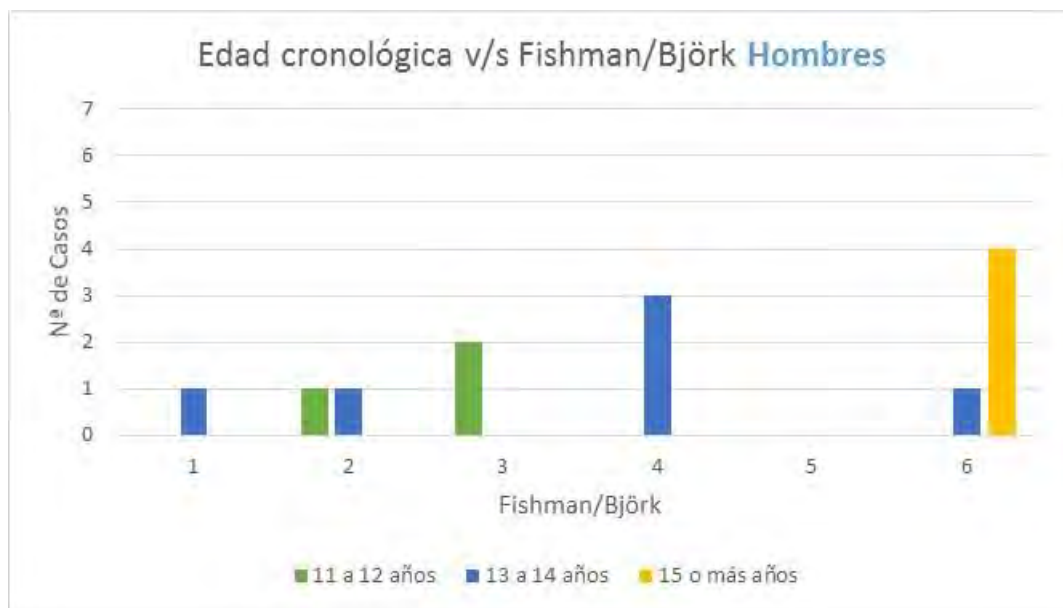


Gráfico 7. Distribución valor Fishman/Björk por edad en hombres

En el caso de la muestra masculina se ve que el mayor porcentaje de los hombres que están alrededor del peak de crecimiento (valores 3 y 4) están en el segundo grupo etario, es decir, de 13 a 14 años, para los valores de CVMS, Fishman y Björk. Además se observa una distribución más dispersa de las edades en comparación con la muestra femenina.

DISCUSIÓN

En primer lugar se debe señalar y destacar que la comparación que se realizó en este estudio fue correcta y válida científicamente ya que se homologaron los tres métodos de maduración ósea en relación al peak puberal, lo que permite objetivar la concordancia respecto a la edad ósea de los tres métodos, y no sólo observar la correlación entre los diferentes estadios de cada uno de ellos, como lo hicieron Zurita et al (2009) con los métodos CVM y Fishman. En su estudio se encontró una correlación fuerte y positiva ($\rho=0.753$) entre ambos métodos en una muestra de 30 niñas chilenas, sin embargo, la metodología antes descrita le resta validez a sus resultados.

Los resultados del presente estudio confirman la alta correlación existente entre los tres métodos de maduración ósea Fishman, Björk y CVMS, calculada con el coeficiente de Spearman ($\rho=1$; 0.71; 0.71). Esta información coincide con el estudio chileno de Zurita et al y se asemeja también a los resultados de la investigación de Barrero et al (2012) realizada en Chile, en la cual se halló una alta correlación ($\rho=0.938$) entre CVM y Björk en una muestra de 40 pacientes.

Así mismo, se observa en algunos estudios extranjeros; AL Hadlaq et al (Arabia Saudita, 2007) establecieron una correlación fuerte ($\rho=0.89$) entre los estadios de CVM y Björk en una muestra de 145 niños Sauditas.

Sin embargo, estos estudios utilizaron el método de maduración ósea vertebral cervical modificada por Baccetti et al en el año 2002 (CVM), el cual consta de sólo cinco estadios, no seis como el método CVMS que los mismos autores publicaron el año 2005 y el cual se usó en el presente estudio, por lo tanto, no es adecuado compararlos entre sí. El estudio que sí es comparable con el presente es el de Durka-Zajac et al (Polonia, 2013); en él igualmente hallaron una correlación casi perfecta ($\rho=0.98$) entre los métodos CVMS de 2005 y Björk en 30 pacientes (15 niñas y 15 niños).

Todos los estudios mencionados anteriormente ocuparon el coeficiente de correlación no paramétrica rho de Spearman que se utiliza para medir la asociación o interdependencia entre variables aleatorias continuas, o sea mide la fuerza y dirección de una relación lineal y la proporcionalidad entre sus variables. En palabras simples, la correlación determina si los cambios en los valores de una variable influyen en los valores de la otra. Sin embargo este análisis estadístico no nos puede decir qué concordancia tienen entre sí estas variables, es decir, qué tanto coinciden sus valores. Como Martínez et al señalaron en su estudio del año 2009: “El coeficiente de correlación no debe utilizarse para comparar dos métodos que intentan medir el mismo evento. El coeficiente de correlación mide el grado de asociación entre dos cantidades, pero no mira el nivel de acuerdo o concordancia”(39).

Para esto se aplicó en este estudio el coeficiente kappa de Cohen que sirve para medir la concordancia o proporción de coincidencia entre variables considerando el azar. Los valores obtenidos por este análisis muestran una concordancia perfecta entre los métodos de Fishman y de Björk y una concordancia leve entre cada uno de ellos y el método CVMS, es decir, los resultados de estos métodos coinciden en muy pocos casos (29.4% de la muestra).

Se observó que la mayoría de los casos coincidentes (mismo valor en CVMS y Fishman/Björk) se daban en las etapas más tardías respecto al peak de crecimiento, tanto para la muestra femenina (una en estadio 5 y tres en estadio 6) como para la masculina (dos en estadio 4 y cuatro en estadio 6).

En resumen, los resultados de la presente investigación coinciden con la mayoría de los estudios realizados en el tema, al encontrar una alta correlación entre los tres métodos de maduración, y una concordancia perfecta entre los métodos de Fishman y de Björk; sin embargo, los resultados son controversiales al analizar la concordancia entre cada método carpal y el método CVMS, ya que ésta fue leve.

Por lo tanto se rechaza la hipótesis del estudio: “Existe un alto nivel de concordancia entre los métodos CVMS, Björk modificado y Fishman, en la estimación de la maduración ósea de pacientes chilenos del Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la Universidad Nacional Andrés Bello, sede Santiago.” Y se confirma que existe una concordancia perfecta entre los métodos de Fishman y Björk, y un nivel de concordancia leve entre estos métodos y el CVMS.

Esto contrasta con el estudio de Gandini et al (Italia, 2005) en el cual encontraron una concordancia del 83,3% ($k = 0.783 \pm 0.098$) entre el método CVM y Björk en una muestra de 30 pacientes. No obstante, esta investigación como la mayoría de las descritas anteriormente, ocupó el método de Baccetti et al del año 2002, por lo que no es adecuada su comparación con este estudio.

Por otro lado, que exista una concordancia perfecta entre los dos métodos carpales Fishman y Björk puede deberse principalmente a la semejanza que existe entre ellos; ambos observan prácticamente los mismos sitios, muchos de sus estadios son coincidentes y se relacionan similarmente con el peak de crecimiento puberal.

En cuanto a los resultados de la relación entre cada método y la edad cronológica, la correlación fue fuerte, esto quiere decir que a medida que aumenta la edad cronológica también lo hacen los valores de los tres métodos estudiados en grados muy similares; la fuerza de la relación fue mayor entre los métodos carpales y la edad ($\rho = 0.77$) que entre CVMS y la misma ($\rho = 0.66$). Esto se asemeja a los resultados de AL Hadlaq et al, los que arrojaron un ρ de 0.86 ($P < 0.01$), es decir, alta correlación, sin embargo, sólo la midieron entre el método CVM y la edad cronológica.

Aunque no se encontró correlación entre los métodos y el género de los individuos, al observar la distribución de los casos en los valores de CVMS,

Fishman y Björk se vio que la muestra masculina era más dispersa que la femenina, siguiendo esta una tendencia más lineal.

Los resultados muestran que en general las mujeres (11-12 años) alcanzan el peak de crecimiento (valor 3-4) antes que los hombres (13-14 años), información que es similar a los resultados de Rivas et al (Chile) en el año 2009 quienes observaron que el peak de crecimiento obtenido según el método de Hassel y Farman, en la mayoría de los casos ocurría un año antes en las mujeres (11 años) que en los hombres (12 años). Fishman en su estudio también observó que las mujeres alcanzaban los estadios (IME's) relacionados con el peak de crecimiento puberal (5-6) en promedio 1 a 2 años antes que los hombres. Además de esto se vio que la edad cronológica se dispersaba más en los hombres (siendo más gradual en las mujeres) y en el método CVMS en ambos géneros, por lo que afecta la correlación entre ambas variables (Edad v/s CVMS; $\rho=0.66$).

La limitación más grande de esta investigación y de muchas de las que han sido mencionadas aquí, sin duda es el tamaño de la muestra, lo que dificulta la extrapolación de los resultados a la población general. Además de su tamaño, la homogeneidad en cuanto a género de la muestra es deficiente.

Otro factor importante y que puede haber influido en los resultados del estudio es que se utilizaron indistintamente radiografías de mano derecha e izquierda y, aunque Safer et al en su investigación comprobaron que el lado de la mano no jugaba un rol significativo en las diferencias de los estadios de Fishman, igualmente esto debe evitarse para reducir al mínimo las diferencias en los estadios de maduración ósea.

A pesar de que el método CVMS tiene ventajas relevantes en comparación a los métodos carpales como evitar la exposición a una radiografía adicional del paciente, este estudio debe ser considerado debido a sus controversiales e importantes resultados.

CONCLUSIONES

- Existe un alto nivel de concordancia entre los métodos de maduración ósea carpal de Fishman y de Björk.
- Existe un nivel de concordancia leve entre los métodos de maduración ósea carpal (Fishman y Björk) y el método de maduración ósea vertebral cervical CVMS.
- Existe un alto grado de correlación entre los tres métodos estudiados.
- Existe un alto grado de correlación entre la edad cronológica y cada uno de los tres métodos de maduración ósea estudiados (Fishman, Björk y CVMS).
- El género no se relaciona con los estadios de maduración ósea de los métodos estudiados.
- Los métodos carpales que ocupan la radiografía de mano-muñeca deben seguir siendo el Gold Estándar para la estimación de la maduración ósea de los individuos, sobre todo en aquellos casos en que se requiera una mayor precisión en la determinación de la edad ósea, como por ejemplo los casos ortodóncico-quirúrgicos.
- Los métodos de Fishman y de Björk tienen la misma confiabilidad para ser usados indistintamente para determinar la maduración ósea en una radiografía de mano-muñeca.

SUGERENCIAS

- Aumentar el tamaño de la muestra en los futuros estudios para hacer más significativos los resultados.
- Contar con una muestra homogénea en cuanto al género y características ambientales que puedan influir en el crecimiento de los individuos.
- Realizar estudios prospectivos de manera de poder seleccionar y estandarizar las variables a estudiar.
- Considerando los resultados controversiales de este estudio, se sugiere seguir investigando en esta área utilizando la misma metodología y análisis estadísticos para confirmar su validez.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vellini-Ferreira, F. Ortodoncia: diagnóstico y planificación clínica. 2ª ed. Sao Paulo: Artes médicas; 2004; 553p.
2. Gill, Daljit S., Naini, Farhad B. Ortodoncia: principios y práctica [Internet]. México: El Manual Moderno; 2013. [citado el 2015 Jun. 29]; Disponible desde: <http://recursosbiblioteca.unab.cl:2092/lib/unabclsp/detail.action?docID=10853611&p00=gill>.
3. Premkumar, S. Textbook of Craniofacial Growth [Internet]. India: Jaypee; 2011. [citado el 2015 Jun. 29]; Disponible desde: <https://books.google.cl/books?id=x8qlAzv4tXAC&pg=PA154&dq=fishman+bjork+orthopedics&hl=es&sa=X&ei=2DojVd3iJoymgwSZhIPoCA&ved=0CDMQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false>.
4. Baccetti T., Franchi L., McNamara J. An Improved Version of the Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Mandibular Growth. The Angle Orthodontist [Internet]. 2002. [citado el 2015 Mar. 19]; 72(4): pp. 316-323. Disponible desde: <http://www.angle.org/doi/pdf/10.1043/0003-3219%282002%29072%3C0316%3AAIVOTC%3E2.0.CO%3B2>.
5. Fishman L. Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation: A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films. Angle Orthodontist [Internet]. 1982 Abr. [Citado el 2015 Mar.19]; 52(2): pp. 88-112. Disponible desde: http://www.bbo.org.br/files/bibliografia/artigos/73_Radiographic_Evaluation_of_Skeletal_Maturation.pdf.
6. Bishara S. Ortodoncia. 1ª ed. México: McGraw-Hill; 2003. Capítulo 10, Análisis cefalométrico; p.123-136.

7. Patcas R., Singorelli L., Peltomäki T., Schätzle M. Is the use of the cervical vertebrae maturation method justified to determine skeletal age? A comparison of radiation dose of two strategies for skeletal age estimation. *European Journal of Orthodontics* [Internet]. 2012 Jul. [Citado el 2015 Mar. 19]; 35(2013): pp.604-609. Disponible desde: <http://ejo.oxfordjournals.org/content/eortho/35/5/604.full.pdf>.
8. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía humana. 4ª Ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2004; 876p.
9. Barrero A., Torres D. Estudio correlacional entre los estadios de maduración ósea en huesos del carpo según análisis de Björk modificado y los estadios de maduración ósea en vértebras cervicales según método CVMS, Tesis Facultad de Odontología, Universidad Andrés Bello, 2012 Ene., Santiago de Chile.
10. Rouviere H., Delmas A. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. 11ª Ed. Barcelona: Masson; 2005, 673p.
11. Hassel B., Farman A. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* [Internet]. 1995 Ene. [citado el 2015 Jun. 30]; 107(1): pp. 58-66. Disponible desde: [http://www.ajodo.org/article/S0889-5406\(95\)70157-5/pdf](http://www.ajodo.org/article/S0889-5406(95)70157-5/pdf).
12. O'Reilly M., Yanniello G. Mandibular Growth Changes and Maturation of Cervical Vertebrae. *The angle Orthodontist* [Internet]. 1988 Abr. [citado el 2015 Jun. 30]; 58 (2): pp.179-184. Disponible desde: <http://www.angle.org/doi/pdf/10.1043/0003-3219%281988%29058%3C0179%3AMGCAMO%3E2.0.CO%3B2>.
13. Baccetti T, Franchi L, McNamara J. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars In Orthodontics* [Internet]. 2005, Ene. [Citado el 2015 Abr. 19]; 11(Early Timely Orthodontic Treatment): 119-129. Disponible desde:

<http://recursosbiblioteca.unab.cl:2059/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S1073874605000216&lang=es&site=eds-live>.

14. Gandini P., Mancini M., Andreani F. A Comparison of Hand-wrist Bone and Cervical Vertebral Analyses in Measuring Skeletal Maturation. *The Angle Orthodontist* [Internet]. 2006. [Citado el 2015 Jul. 8]; 76(6): pp. 984-989. Disponible desde: <http://www.angle.org/doi/pdf/10.2319/070605-217>.

15. AL Hadlaq A, AL Qarni, AL Khatani A, AL Obaid A. Comparative study between hand-wrist and cervical vertebral maturation method for evaluation of skeletal maturity in Saudi boys. *Pakistan Oral & Dental Journal* [Internet]. 2007. [Citado el 2015 Jul. 8]; 27(2): pp.187-192. Disponible desde: [http://www.podj.com.pk/PODJ/Vol.%2027%20\(2\)%20\(Dec.%202007\)/8-Podj.pdf](http://www.podj.com.pk/PODJ/Vol.%2027%20(2)%20(Dec.%202007)/8-Podj.pdf).

16. Durka-Zajac M, Marcinkowska A, Mituś-Kenig M. Bone age assessment using cephalometric photographs. *Polish Journal Of Radiology / Polish Medical Society Of Radiology* [Internet]. 2013, Abr. [Citado el 2015 Jul. 8]; 78(2): pp. 19-25. Disponible desde: <http://recursosbiblioteca.unab.cl:2059/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=23807880&lang=es&site=eds-live>.

17. Pichai S, Rajesh M, Reddy N, Adusumilli G, Reddy J, Joshi B. A Comparison of Hand Wrist Bone Analysis with Two Different Cervical Vertebral Analysis in Measuring Skeletal Maturation. *Journal Of International Oral Health* [Internet]. 2014, Sept. [Citado el 2015 Jul.8]; 6(5): pp. 36-41. Disponible desde: <http://recursosbiblioteca.unab.cl:2059/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=99887256&lang=es&site=eds-live>.

18. Gilsanz V., Ratib O. Hand Bone Age A digital atlas of skeletal maturity [Internet]. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2005. [Citado el 2015 Abr. 17]; Disponible desde:

http://www.chospab.es/biblioteca/DOCUMENTOS/Atlas_of_Hand_Bone_Age.pdf.

19. Mughal A., Hassan N., Ahmed a. Bone age assessment methods: A critical review. Pakistan Journal of Medical Sciences [Internet]. 2014. [Citado el 2015 Jun. 30]; 30(1): pp. 211-215. Disponible desde: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3955574/pdf/pjms-30-211.pdf>.

20. Haiter-Neto F., Miutso L., Vieira A., Spinelli M. Skeletal age assessment: A comparison of 3 methods. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics [Internet]. 2006 Oct. [Citado el 2015 Abr. 17]; 130(4): pp. 435.e15-435.e20. Disponible desde: [http://www.ajodo.org/article/S0889-5406\(06\)00879-1/pdf](http://www.ajodo.org/article/S0889-5406(06)00879-1/pdf).

21. Björk A., Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. The Angle Orthodontist [Internet]. 1967 Abr. [Citado el 2015 Abr. 18]; 37(2): pp. 134-143. Disponible desde: <http://www.angle.org/doi/pdf/10.1043/0003-3219%281967%29037%3C0134:POTAOM%3E2.0.CO%3b2>.

22. Grave K., Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. American Journal of Orthodontics [Internet]. 1976 Jun. [Citado el 2015 Abr. 18]; 69(6): pp. 611-619. Disponible desde: <http://www.ajodo.org/article/0002-9416%2876%2990143-3/pdf>.

23. Ghom A. Textbook of Oral Radiology [Internet]. India: Elsevier; 2008. [Citado el 2015 Abr. 17]; Disponible desde: https://books.google.cl/books?id=mO6Z07IHQO4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

24. Greulich WW, Pyle S I. Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2ª Ed. California: Stanford University Press; 1959.

25. Bello C., Rojas I. Distintos métodos de evaluación de la edad esquelética. Tesis Facultad de Odontología, Universidad Central de Venezuela, 2002 Jun. Caracas, Venezuela.
26. Urzúa R. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales. Venezuela: Amolca; Ed 2005, 330p.
27. Ceglia A. Indicadores de maduración de la edad ósea, dental y morfológica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría [Internet]. Ed. 2005, Jun. [Citado el 2015 Jul. 8]; N° 8. Disponible desde: <http://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2005/art12.asp>.
28. English J., Akyalcin S., Peltomäki T., Litschel K. Mosby's Orthodontic Review [Internet]. Missouri: Elsevier; 2014. [Citado el 2015 Jun. 30] Disponible desde: https://books.google.cl/books?id=mM5sBQAAQBAJ&hl=es&source=gbs_navlink_s_s.
29. Safer A., Homel P., Chung D. Lateral comparisons using Fishman's skeletal maturation assessment. The angle orthodontist [Internet]. 2015. [Citado el 2015 Jun. 30]; 85(3): pp. 408-412. Disponible desde: <http://www.angle.org/doi/pdf/10.2319/043014-312.1>.
30. Canals M., Valenzuela C., Vergara P. Maduración ósea de niños de 0 a 6 años. Muñeca y mano: I Parte. Análisis cuantitativo. Revista Chilena de Pediatría [Internet]. 1985. [Citado el 2015 Jun. 30]; 56(5): pp. 325-328. Disponible desde: <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v56n5/art03.pdf>.
31. Valenzuela C., Canals M., Vergara P. Maduración Ósea de Niños de 0 a 6 Años. Muñeca y Mano: II Parte. Análisis de Probitos para Huesos Aislados. Revista Chilena de Pediatría [Internet]. 1985. [Citado el 2015 Jun. 30]; 56(5): pp. 329-333. Disponible desde: <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v56n5/art04.pdf>.

32. Canals M., Valenzuela C., Avendaño A., Samith S. Maduración ósea de niños mayores de 6 años. Muñeca y mano: I Parte. Análisis cuantitativo. Revista Chilena de Pediatría [Internet]. 1988. [Citado el 2015 Jun. 30]; 59 (2): pp. 102-105. Disponible desde: <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v59n2/art05.pdf>.
33. Valenzuela C., Canals M. Maduración Ósea de Niños de 6 a 19 años. Muñeca y Mano: II Parte. Análisis de Probitos para Huesos Aislados. Revista Chilena de Pediatría [Internet]. 1988. [Citado el 2015 Jun. 30]; 59 (3): pp. 178-182. Disponible desde: <http://www.scielo.cl/pdf/rcp/v59n3/art05.pdf>.
34. Rivas C., Avaria C., Guzmán CL. Correlación entre edad cronológica y Maduración ósea en vértebras cervicales en adolescentes chilenos para determinar peak de crecimiento puberal. Revista Dental de Chile [Internet]. 2009. [Citado el 2015 Jun.30]; 100(3): pp. 4-11. Disponible desde: http://www.revistadentaldechile.cl/temas_nov_2009/pdf/correlacion.pdf.
35. Zurita C., Fuentes A. Correlación entre resultados de radiografía cervical lateral y radiografía de mano-muñeca en la estimación de edad ósea en niñas. Revista Chilena de Radiología [Internet]. 2009. [Citado el 2015 Jun. 30]; 15(1): pp. 39-45. Disponible desde: <http://www.scielo.cl/pdf/rchradiol/v15n1/art06.pdf>.
36. Jaqueira L., Armond M., Pereira L., Pinto C., Silva L. Determining skeletal maturation stage using cervical vertebrae:evaluation of three diagnostic methods. Brazilian Oral Research [Internet]. 2010 Dic. [Citado el 2015 Mar. 19]; 24(4): pp. 433-437. Disponible desde: <http://www.scielo.br/pdf/bor/v24n4/v24n4a10.pdf>.
37. Landis J, Koch G: The measurement of Observer agreement for categorical data. Biometrics [Internet]. 1977 [citado el 2015 Oct. 8]; 33:159-74. Disponible desde:
<http://recursosbiblioteca.unab.cl:2059/login.aspx?direct=true&db=edsjsr&AN=edsjsr.10.2307.2529310&lang=es&site=eds-live>.

38. Bisquerra R. Metodología de la investigación educativa, Editorial la Muralla, España 2009.

39. Martínez Ortega Rosa María, Tuya Pendás Leonel C, Martínez Ortega Mercedes, Pérez Abreu Alberto, Cánovas Ana María. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman; Caracterización. Rev haban cienc méd [Internet]. 2009 Jun [Citado el 2015 Oct. 8]; 8(2). Disponible desde: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017&lng=es.

ANEXOS

Datos Obtenidos

<i>Paciente</i>	<i>Meses</i>	<i>Género*</i>	<i>Fishman</i>	<i>Björk</i>	<i>CVMS</i>
1	156	0	4	4	4
2	200	1	6	6	6
3	165	1	5	5	4
4	196	1	6	6	6
5	153	1	5	5	4
6	163	0	4	4	3
7	136	1	4	4	5
8	198	0	6	6	6
9	161	1	5	5	6
10	170	1	5	5	4
11	167	0	2	2	3
12	171	1	6	6	5
13	171	1	6	6	5
14	165	1	6	6	4
15	176	0	6	6	6
16	160	0	1	1	2
17	200	0	6	6	4
18	132	0	2	2	1
19	163	0	4	4	4
20	202	1	6	6	6
21	208	0	6	6	6
22	133	1	4	4	3
23	143	1	5	5	4
24	144	1	3	3	4
25	163	1	6	6	5
26	132	0	3	3	1
27	192	0	6	6	6
28	137	1	4	4	2
29	188	1	6	6	5
30	172	1	5	5	5
31	186	1	6	6	4
32	161	1	6	6	5
33	190	1	6	6	5
34	146	0	3	3	5

*0=Género masculino, 1=Género femenino